

Aus der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik
der Universität Erlangen - Nürnberg

Direktor: Professor Dr. G. Hegemann

Diagnostische und therapeutische Probleme bei Gefäßverletzungen

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
dem Fachbereich Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von
Harald Adolf Betz
aus Nürnberg



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik
der Universität Erlangen - Nürnberg

Direktor: Professor Dr. G. Hegemann

Diagnostische und therapeutische Probleme bei Gefäßverletzungen

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
dem Fachbereich Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von

Harald Adolf Betz

aus Nürnberg

Aus der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. E. Heppner

Diagnostische und therapeutische Probleme bei Gefäßverletzungen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
am Fachbereich Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg



vorgelegt von
Harald Adolf Belz
aus Nürnberg

Gedruckt mit der Erlaubnis des Fachbereichs Medizin der Universität
Erlangen - Nürnberg.

Dekan: Prof. Dr. E. Rügheimer

Referent: Priv.-Doz. Dr. med., Dr. med. habil. R. Hacker

Korreferent: Prof. Dr. G. Hegemann

Tag der mündlichen Prüfung: 29. März 1976

INHALT

1. GERICHTLICHE URTEILE

2. RECHNUNG DER GERICHTLICHEN URTEILE

1. Haupturteil

2. Nebenurteil

3. Urteil

4. Urteilsurteil

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, all denen zu danken, die das Zustandekommen dieser Arbeit ermöglicht haben. Herrn Dr. med. D. Raithel danke ich für die freundliche Überlassung des Themas und die Hilfe beim Erstellen dieser Arbeit. Mein Dank gilt auch dem Direktor der Chirurgischen Universitätsklinik, Herrn Prof. Dr. med. G. Hegemann, der mir die Erlaubnis gab, diese Arbeit an seiner Klinik anzufertigen. Weiterhin bedanke ich mich bei den Herren Dr. Probst und Seibold vom Institut für medizinische Statistik und Dokumentation für ihre Hilfe bei der Erstellung der verwendeten Statistiken. Ebenso darf ich mich bei den Herren des Archivs der Chirurgischen Universitätsklinik für ihre Unterstützung bei der Einsichtnahme der Krankengeschichten bedanken.

3. Urteilsurteil

4. Urteilsurteil

INHALT

	Seite
I. GESCHICHTLICHER ÜBERBLICK	6
II. PROBLEMATIK DER GEFÄSSVERLETZUNGEN	8
1. Pathophysiologie	
2. Akute Folgen	
a) Blutung	
b) Thrombosierung	
c) Ischämie	
d) Infektion	
III. KLASSIFIKATION	14
1. Direkte Gefäßtraumen	
a) Perforierende Gefäßtraumen	
b) Nichtperforierende Gefäßtraumen	
2. Indirekte Gefäßtraumen	
3. Chronische Folgezustände	
IV. URSACHEN DER GEFÄSSVERLETZUNGEN	21
V. DIAGNOSTIK DER GEFÄSSVERLETZUNGEN UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER ANGIO- GRAPHIE	25
1. Konservative Verfahren	
2. Röntgen	
3. Angiographie	

VI.	ÜBERSICHT ÜBER DIE EIGENE STATISTIK	33
VII.	BEHANDLUNGSVERFAHREN	39
	1. Notfallmaßnahmen	
	2. Operative Verfahren bei	
	a) Arterienverletzungen	
	b) Venenverletzungen	
	c) Kombinationstraumen	
	3. Nachbehandlung	
VIII.	BEHANDLUNGSERGEBNISSE	53
IX.	PROGNOSE	57
X.	ZUSAMMENFASSUNG UND PROSPEKTIVE	60
	LITERATURNACHWEIS	63

DIAGNOSTISCHE UND THERAPEUTISCHE PROBLEME BEI GEFÄSSVERLETZUNGEN

Anhand von 116 Patienten mit 138 Gefäßverletzungen, die in den Jahren 1958 bis 1974 an der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen operativ versorgt wurden, werden Problematik und Ursachen der Gefäßverletzungen, die Möglichkeiten ihrer Diagnose und Behandlung und ihre Ergebnisse diskutiert.

Verletzungen der Blutgefäße, vor allem der Schlagadern, stellen bis zum heutigen Tag ein akutes und häufig lebensbedrohliches Ereignis für den Betroffenen dar. Da Venenverletzungen im allgemeinen weniger oft vorkommen und - von einigen Ausnahmen abgesehen - selten dramatisch verlaufen, sei es gestattet im folgenden die Schlagaderverletzungen in den Vordergrund zu stellen, ohne jedoch die Venenverletzungen dabei unberücksichtigt zu lassen.

GESCHICHTLICHER ÜBERBLICK

Die Kenntnisse über Schlagaderblutungen reichen bis in vorchristliche Zeit zurück. Seit dieser Zeit gab das Bemühen um die Abwendung des Verblutungstodes der Entwicklung der Chirurgie entscheidende Impulse. So stammt die erste Beschreibung des Druckverbandes zur Blutstillung von HIPPOKRATES. Ihm sowie GALEN und P. v. AEGINA war aber auch die Ligatur der Gefäße bekannt, deren Erfindung (bei Amputationen) dem Griechen ARCHIGENES (97 n. Chr.) zugeschrieben wird. Wie so viele Erfindungen geriet auch diese lebensrettende Maßnahme lange in Vergessenheit und wurde - abgesehen von einer kurzzeitigen Anwendung durch zwei arabische Mediziner im 12. Jahrhundert - erst im 16. Jahrhundert durch PARE zum dritten Mal entdeckt und endgültig als dauerhaftes Behandlungsverfahren in die Chirurgie eingeführt. Bis einschließlich des 2. Weltkrieges blieb neben der Ligatur und der primären Amputation der Druckverband das dominierende Behandlungsverfahren. Erst zu Beginn der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts - während des Korea-Krieges (1951 - 1952) - zeichnete sich ein Wandel ab, indem auf alliierter Seite erstmals planmäßig bei zahlreichen Arterienverletzungen rekonstruktive Eingriffe vorgenommen wurden. Den Erfolg dieses neu beschrittenen Weges spiegelt die Amputationsrate wider, die demzufolge von bisher 51 % (bei ausschließlicher Gefäßunterbindung) auf 13 % gesenkt werden konnte / 24, 25, 28 /. Arterienrekonstruktionen durch direkte

Naht oder autogene Venentransplantate – denen jedoch durch die damals häufigen Wundinfektionen wenig Erfolg beschieden war und die man deshalb nur mit Zurückhaltung ausführte – wurden schon während des Balkankrieges (1912) und des 1. Weltkrieges (1914 – 1918) von verschiedenen deutschen Ärzten durchgeführt. Da auch während des 2. Weltkrieges (1939 – 1945), den spärlichen Berichten zufolge, bei z. B. 1774 Gefäßverletzungen nur in 8 % der Fälle ein rekonstruktiver Eingriff vorgenommen wurde / 11 /, blieb es schließlich dem planmäßigen Massenexperiment von Korea vorbehalten, den rekonstruktiven Maßnahmen in der Gefäßchirurgie zum endgültigen Durchbruch und zur vollen Anerkennung zu verhelfen / 44 /.

II. PROBLEMATIK DER GEFÄßVERLETZUNGEN

Die unbestrittenen Erfolge in der Entwicklung der Gefäßchirurgie im vergangenen Vierteljahrhundert dürfen nicht über den oft dramatischen Verlauf einer Gefäßverletzung und die damit verbundenen Probleme in Diagnostik und Therapie hinwegtäuschen. Hinter der schlichten Definition der Gefäßverletzung: "... jede Form der anatomischen oder funktionellen Schädigung des Gefäßes durch äußere Gewalt" 19 verbirgt sich eine komplizierte Thematik. Deshalb soll an dieser Stelle auch auf die Pathologie und Pathophysiologie der Gefäßverletzungen und auf ihre akuten Folgen eingegangen werden.

1. PATHOPHYSIOLOGIE

Grundsätzlich kann man bei den direkten Gefäßverletzungen unterscheiden zwischen perforierenden (scharfen) und nichtperforierenden (stumpfen) Traumen, die je nach Situation als offene oder als geschlossene Verletzung imponieren können.

Beim direkten perforierenden Gefäßtrauma ist die Schädigungsrichtung stets von außen nach innen gerichtet, bei den Arterien also von der Adventitia in Richtung auf die Intima. Die Folgen einer solchen Verletzung durch Schnitt, Stich, Schuß, penetrierende Fremdkörper und Knochensplitter oder durch Überdehnungsriß sind die teilweise oder vollständige Unterbrechung der

Gefäßkontinuität. Vom punktgroßen Defekt über die glatte Querdurchtrennung bis zu umfangreichen Zerreißen mit entsprechenden Substanzverlusten sind dabei alle Übergänge möglich.

Nichtperforierende Verletzungen gehen meist auf eine Kontusion, Kompression und - seltener - Konstriktion zurück / 30 / und lassen Blutungen in die Gefäßwand und Intima- und Mediaeinrisse entstehen, die zu **chronischen** Folgezuständen führen können (s. a. Tabelle 1, Seite). Der Verletzungsmechanismus ist hierbei ein wesentlich anderer mit entsprechenden Erscheinungsformen. Hier nimmt das Ausmaß der Schädigung in genau umgekehrter Richtung zu, also von **innen nach außen**.

Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt bei Gefäßverletzungen ist die **gleichzeitige** Verletzung von Arterie und Vene, vor allem an den Extremitäten, da hierbei die Blutzirkulation im betroffenen Bereich völlig zum Erliegen kommt und daher eine irreversible Gewebeschädigung früher zustande kommt, die bei zu später Rekonstruktion der Gefäße zum gefährlichen Tourniquet-Schock führen kann. Während HUGHES und COHEN / 24 / in 60 % der arteriellen Kriegstraumen gleichzeitige Verletzungen der Begleitvenen beobachteten, fanden wir in unserem **friedensmäßigen** - Patientengut diese Verletzungskombination nur in 18,1 % der Fälle (s. Tabelle 3, Seite). Weitere Begleiterscheinungen (Knochen-Nerven) werden in den Kapiteln über Diagnostik und Therapie erörtert.

Von den Begleiterscheinungen bzw. **a k u t e n** Folgen einer **p e r -**
f o r i e r e n d e n Schlagaderverletzung ist die **B l u t u n g** die au-
genfälligste und bedrohlichste. Das Ausmaß der Blutung ist von zahlreichen
Faktoren abhängig / 19 /:

1. systemisch bedingte:

Blutdruck und Gerinnungsfähigkeit des Blutes

(Cave: Antikoagulantien!);

2. lokal bedingte:

a) Größe des Defektes und Art der Verletzung

b) Weichteildeckung

c) Blutungsrichtung, wobei diese nach außen (unmittelbar sichtbar)
gerichtet sein kann oder nach innen zu in das Subcutangewebe,
die Muskulatur bzw. bei den Gefäßen des Körperstammes in das
Mediastinum, den Retroperitonealraum, in seröse Höhlen oder
(selten) in Hohlorgane;

d) topographische Lage und Gefäßbeschaffenheit (Kaliber, Wand-
aufbau).

Besonders die durch die topographische Lage bedingte **B e s c h a f f e n -**
h e i t der verletzten Blutgefäße ist oft ausschlaggebend für den Verlauf.
Während Extremitätenarterien vom muskulösen Gefäßtyp sind, und es z. B.
bei völliger Durchtrennung durch Retraktion des Stumpfes, Einrollung der
Intima, spastische Kontraktion und nachfolgenden thrombotischen Verschluß
zur definitiven Blutstillung kommen kann / 41 /, ist eine Blutstillung bei den

zum elastischen Typ gehörenden großen Arterien des Brust- und Bauchraumes nur durch den Widerstand des umgebenden Gewebes (Fascien, seröse Häute, Muskulatur) möglich. Die meisten dieser Mechanismen versagen jedoch oft bei arteriosklerotischen, starrwandigen Gefäßen, wodurch sich die Prognose erheblich verschlechtert. Nicht vergessen werden dürfen in diesem Zusammenhang die großen Hohlvenen und die Venen im Halsbereich. Da die letztgenannten dort regelrecht aufgespannt sind und eine durch (z. B. therapeutische) Punktionen, Schnitt oder Stich eröffnete Vene dadurch nicht kollabiert, sondern ihr Lumen weitgeöffnet bleibt, droht bei Verletzungen der Halsregion die Komplikation einer Luftembolie und einer starken venösen Blutung.

Als ein wichtiger Faktor der akuten Durchblutungsstörung nach einem Gefäßtrauma ist die sekundäre **T h r o m b o s i e r u n g** eines verletzten Arterienabschnittes in ihrem Ausmaß vom Zeitintervall zwischen Unfallereignis und operativer Versorgung abhängig. War die Strombahn länger als 10 Stunden unterbrochen, so muß mit einer ausgedehnten Appositionsthrombose gerechnet werden, die auch auf Kollateralabgänge übergreifen und die periphere Ischämie verstärken kann / 19 /. Eine Aussicht auf eine erfolgreiche Wiederherstellung der Strombahn besteht nur dann, wenn zugleich die verschließenden Thromben restlos entfernt werden können. Der Zeitfaktor spielt auch hierbei eine entscheidende Rolle, da einerseits die Entfernung des thrombotischen Materials mit fortschreitender Zeit durch seine zunehmende Ausbreitung und Wandhaftung erheblich erschwert wird / 11, 26, 47 /, andererseits der Untergang irreversibel geschädigten Gewebes auch durch eine

technisch gelungene Kontinuitätswiederherstellung nicht verhindert werden kann / 15 /. Nach HEBERER sollte die ischämische Toleranzzeit nicht mehr als 4 - 6 Stunden betragen; bei einer länger dauernden Ischämie, insbesondere bei Vorliegen von Begleit- oder Kombinationsverletzungen, sollte man vor einer Wiederherstellung der Strombahn an die Gefahr eines **Tourniquet - Schocks** denken und frühzeitig die spätere Notwendigkeit der künstlichen Niere in Erwägung ziehen. Nach wie vor aber kann in solchen Fällen die Frühamputation lebensrettend sein / 18 /.

Eine Arterienverletzung wird stets dann problematisch, wenn sie nicht oder nur mäßig nach außen blutet. Hierbei ist es zumeist die - fatalerweise erst spät auftretende - **periphere Ischämie**, die, verursacht durch Kontinuitätstrennung, Intimaeinrollung, sekundäre Thrombose oder komprimierendes Hämatom bzw. durch Kombination dieser Faktoren, zur - oft verzögerten - Diagnose einer Gefäßverletzung führt.

Bleibt eine offene Verbindung zwischen einem partiell thrombosierten Bluterguß und dem eröffneten Arterienlumen bestehen, bildet sich das sog. **pulsierende Hämatom**, das sich durch bindegewebige Umwandlung zu einem **Aneurysma falsum** entwickeln kann / 19 /. Im akuten Stadium der Verletzung kann das Hämatom weiterhin durch Druck auf den Gefäß-Nerven-Strang eine schwere periphere Durchblutungsstörung entstehen lassen, die durch die gleichzeitige Venenkompression zu einer noch stärkeren Drosselung der Durchblutung führen kann.

Eine weitere nicht zu unterschätzende, lebensgefährliche Bedrohung resultiert bei den offenen Verletzungen aus dem Eindringen gefährlicher Keime (Tetanus, Gasbrandbazillen und z. B. - wie in einem unserer Fälle - Pseudomonas) in hämatomdurchtränktes und ischämisches Gewebe vor allem bei Verkehrsunfällen. Nicht selten eskaliert eine solche zuerst lokale Infektion zu einer Septikämie mit all ihren üblen Folgen oder es kommt durch bakterielle proteolytische Auflösung des primären Verschlussthrombus zur arteriellen Nachblutung. In gleicher Weise ist auch jeder rekonstruktive Eingriff nach offener Arterienverletzung durch die Möglichkeit einer Wundinfektion mit Nahtdehiszenz und Blutung bedroht / 19 /.

Ein zusätzliches Problem taucht bei Verletzungen kindlicher Blutgefäße auf. Da die Anpassungsfähigkeit des kindlichen Gefäßsystems an eine Mangeldurchblutung durch unmitelbare Weitstellung der Kollateralgefäße wesentlich größer ist als beim Erwachsenen, kann der klinische Befund (warme Extremitäten bei fehlendem distalen Puls) über das wahre Ausmaß der Verletzung täuschen. Hinzu kommt die Schwierigkeit bei der operativen Versorgung der engkalibrigen kindlichen Blutgefäße. Deshalb gilt auch hier die Forderung nach einer frühzeitigen Abklärung der Situation bei jedem Verdacht auf ein Gefäßtrauma / 7 /.

KLASSIFIKATION

Eine Klassifikation der Gefäßverletzungen (nach LINDER, VOLLMAR) zeigt die Tabelle 1. Darin umfaßt die erste Gruppe die durch direkte Gewalteinwirkung zustande gekommenen Gefäßtraumen. VOLLMAR (1975) gibt in diesem Zusammenhang bei Arterien eine Häufigkeit von über 95 % an, während es in unserem Patientengut ca. 99 % sind. Die indirekten Verletzungsmechanismen (Torsion, Zerrung u. a.) sind dazu vergleichsweise selten. Die dritte Gruppe schließlich umfaßt die Folgezustände, die aber von den bereits beschriebenen akuten Folgen getrennt werden müssen.

1. Direkte Traumen

1. Perforierende Traumen

Bei der direkten perforierenden (scharfen) Gefäßverletzung lassen sich drei Schweregrade unterscheiden.

Beim ersten Schweregrad ist die Adventitia, manchmal zusätzlich auch die Media durchtrennt, das Gefäßlumen jedoch nicht eröffnet. Da sich hierbei keine für die Gefäßverletzung typischen klinischen Anhaltspunkte finden, besteht bei nicht Erkennen die Gefahr der sekundären Gefäßruptur oder der Ausbildung eines Aneurysmas.

Tabelle 1: Klassifikation und Schweregrad von Arterienverletzungen
(nach VOLLMAR / LINDER, erweitert)

I) Direkte Verletzung

1) Scharfes (perforierendes) Trauma

a) Stich, Schuß, Schnitt

b) iatrogen (s. Tabelle Nr. 2)

Grad I: Durchtrennung von Außen- und Mittelschicht
Keine Blutung nach außen, keine Ischämie

Grad II: Spalt- oder lochförmige Eröffnung des Lumens
Blutung nach außen, eventuell Ischämie

Grad III: Vollständige Querdurchtrennung der Arterie
Je nach Arterienkaliber Blutung nach außen bzw.
Sistieren der Blutung, periphere Ischämie

2) Stumpfes (nicht perforierendes) Trauma

a) Kontusion

b) Kompression

c) Konstriktion

Grad I: Einriß bzw. Quetschung der Arterieninnenwand
Keine periphere Ischämie, keine Blutung

Grad II: Wandschädigung von Intima und Media
Arterielle Thrombose, keine Blutung

Grad III: Vollständige Zerquetschung der Arterie
Periphere Ischämie, keine Blutung

II) Indirekte Verletzung

1) Arteriospasmus

2) Überdehnungsriß (z. B. bei Luxationen)

3) Dezeleration (Aorta thoracica)

III) Chronische Folgezustände

1) Arterienthrombose

2) Arteriellcs Aneurysma

3) Arteriovenöse Fistel

4) Arterielle Embolie

Spalt- oder lochförmige Eröffnung des Gefäßlumens ohne vollständige Kontinuitätsunterbrechung sind die Merkmale für den zweiten Schweregrad. In diesem Fall kommt es durch die beteiligte *Elastica interna* zum Klaffen des Perforationskanals und somit zur arteriellen Blutung und eventuell zur peripheren Ischämie.

Die vollständige Querdurchtrennung der Arterie liegt beim dritten Schweregrad vor und ist klinisch immer mit einer peripheren Ischämie verbunden. Während bei den muskulären Arterien die äußere Blutung durch Retraktion und Einrollung der Intima meist in wenigen Minuten zum Stillstand kommt, bleibt dieser Mechanismus bei den großkalibrigen Arterien vom elastischen Typ und einem Durchmesser von mehr als 8 mm fast immer aus. Daraus erklärt sich auch leicht die hohe Todesrate bei vollständigen Aortazerreißen; lediglich Durchschüsse und partielle Perforationen der Aorta können - unversorgt - manchmal bis zu mehreren Stunden überlebt werden.

2. Nicht perforierende Traumen

Beim direkten stumpfen Gefäßtrauma lassen sich - wie beim direkten scharfen Trauma - in Anlehnung an SENCERT / 38 / drei Schweregrade unterscheiden.

Der erste Schweregrad bezeichnet einen Einriß bzw. eine Quetschung der Intima ohne äußere Blutung und ohne primäre Lumen-

verlegung. Die meist umfangreiche Intimaläsion kann vor allem in kleineren Arterien zu einer traumatischen arteriellen Thrombose oder, wenn die Intima zirkulär abgerissen ist, durch die ins Lumen hängenden Ränder zu einer Verlegung der Strombahn mit imponierender peripherer Ischämie führen. Derartige Läsionen verlaufen bei großen Arterien hingegen meist inapparent und können völlig ausheilen.

Mit dem zweiten Schweregrad wird die gleichzeitige Schädigung der Intima und Media erfaßt. Wenn hier auch keine Blutung auftritt, so ist dieses Stadium dennoch mit den Komplikationen der arteriellen Thrombose in kleinen Schlagadern und der möglichen Ausbildung eines traumatischen Spätaneurysmas belastet.

Der schwerste Verletzungszustand (3. Schweregrad) liegt vor, wenn die Arterie auf einer mehr oder minder langen Strecke ihres Verlaufs vollständig zerquetscht ist und die Intima- und Mediastümpfe sich eingerollt haben und durch Thrombosen verschlossen sind. Daraus resultiert in der Peripherie der akute Arterienverschluß und in der Aorta mit ihren größeren Ästen die Gefahr der Rupturierung des Adventitiämantels, in den die Blutung erfolgt ist.

II. Indirekte Traumen

Zu den indirekten Gefäßverletzungen zählen der Arteriospasmus, der Überdehnungsriß von Gefäßen und das

Dezelerationstrauma der Brustorta.

Beim traumatischen **Arteriospasmus** kommt es zu einem mechanisch ausgelösten, myogenen, lokal begrenzten Gefäßkrampf einer ansonsten anatomisch intakten Arterie, meist einer Extremitätenarterie. Der Arteriospasmus stellt nach heutigen Kenntnissen ein extrem seltenes Ereignis dar, das nur nach Ausschluß einer Verletzung im Sinne einer morphologischen Veränderung durch Angiographie oder operative Revision einer speziellen Therapie bedarf.

Eine oft zu wenig beachtete, wenn auch seltene Gefäßverletzung ist der **Überdehnungsriß** einer Arterie bei Luxationen vorwiegend der großen Gelenke (Schulter-, Hüft- und Kniegelenk). Bei diesem Verletzungsvorgang kommt es meist zu einem Abriß des Intima-schlauches bei häufig intaktem Adventitamantel (Pseudospasmus). In unserem Patientengut fanden wir in einem Fall einen Überdehnungsriß einer *A. vertebralis* nach Schleudertrauma der Halswirbelsäule (Auffahrunfall).

Dem Dezelerationstrauma der Brustorta

liegt als Verletzungsmechanismus eine plötzliche positive oder negative Beschleunigungsänderung des menschlichen Körpers zugrunde, die dann eine abrupte Massenverschiebung der Brustorgane, vor allem in sagittaler und vertikaler Richtung auslöst (**horizontale bzw. vertikale** Dezeleration). Dabei finden sich die häufigsten Rupturstellen an

Isthmusabschnitt (58 %), Aorta ascendens (24 %), Aorta descendens (13 %) und Aortenbogen (5 %) / 3, 17, 19, 34 /. Nach ZEHNDER / 46 / lassen sich unfallmechanisch mehrere Gruppen unterscheiden.

Die größte klinische Bedeutung hat die kombinierte horizontale bzw. vertikale Dezeleration mit gleichzeitiger Thoraxkontusion (häufig mit Brustwandfrakturen). Am häufigsten findet sich dieser Mechanismus bei den Verkehrsunfällen - bei uns in 1 Fall - und Flugzeugabstürzen. Die vertikale Dezeleration tritt nur bei Stürzen aus großer Höhe und beim Liftabsturz auf und ist fast stets von weiteren schweren Verletzungen begleitet, was insgesamt die Überlebenschance fast auf Null sinken läßt / 9 /.

Daß das Dezelerationstrauma der Brust-aorta zu einem gar nicht so seltenen Ereignis wird, hat nicht zuletzt seine Ursache in der Zunahme des gesamten Straßenverkehrs und der hohen Geschwindigkeit der Verkehrsmittel. So erlitten 2,8 % aller Verkehrstoten einer deutschen Großstadt (von 1951 - 1961) eine traumatische Aortenruptur / 39 /. Da die meisten Aortenrupturen, die ja fast ausnahmslos von weiteren schweren Verletzungen anderer Organe begleitet sind, unmittelbar letal verlaufen und in der Literatur über nur relativ wenige gelungene Operationen in diesem Zusammenhang berichtet wird / 4, 5 /, obwohl etwa 10 - 20 % aller Aortenrupturen so lange überlebt (1 Std.) werden, daß eine Behandlung möglich wäre / 8, 35, 39 /, läßt sich eine genaue Übersicht wohl nur aus Sektionsgut erstellen. CARSTENSEN und HEINRICH

konnten im Einzugsbereich Würzburgs zwischen 1959 und 1962 25 Aortenrupturen ermitteln / 10 /, während sich im Patientengut der Erlanger Chirurgischen Universitätsklinik von 1956 - 1974 lediglich eine einzige traumatische Aortenruptur fand (1958), die jedoch letal verlief.

III. Chronische Folgezustände

Von den chronischen Folgen der Arterienverletzungen wurden die arterielle Thrombose (13) und das posttraumatische Aneurysma (3) bereits bei den akuten Folgen angesprochen, da beide Folgen über den akuten Zustand hinaus persistieren bzw. sich weiter entwickeln können (in Klammer die Zahlen aus dem eigenen Patientengut).

Einen Sonderfall der kombinierten Arterien-Venen-Verletzung stellt die posttraumatische arteriovenöse Fistel (im eigenen Patientengut 1) dar, die in den meisten Fällen durch eine perforierende Verletzung kleiner Projektile oder scharfkantiger Fremdkörper zustande kommt und meist erst nach Wochen oder Monaten festgestellt wird.

Die äußerst seltene Komplikation der posttraumatischen arteriellen Embolie beinhaltet die Verschleppung von Blutgerinnseln oder von eingedrungenen Fremdkörpern von der Stelle der Arterienverletzung in die Gefäßperipherie / 44 /. Die klinische Symptomatik, Diagnostik und Therapie der arteriellen Embolie stellen einen eigenen Themenbereich dar.

URSACHEN

Da die ziemlich junge Wissenschaft der rekonstruktiven Chirurgie der Gefäßverletzungen ihre eigentliche Geburtsstunde auf dem Kriegsschauplatz hatte, sind die diesbezüglichen Verletzungsursachen hinreichend bekannt. Über die Ursachen friedensmäßig entstandener Gefäßverletzungen finden sich dagegen nicht so viele Angaben.

Die Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die Ursachen der Gefäßverletzungen bei 116 Patienten der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen in der Zeit von 1958 - 74. Daraus geht hervor, daß die **Verkehrsunfälle** mit 32,7 % an der Spitze standen, wobei Autoinsassen mit 13,7 %, Fußgänger mit 13 % und Rad- und Krafttradfahrer mit 6 % beteiligt waren. An zweiter Stelle standen mit 20,7 % die **Berufsunfälle** mit auf fallend vielen Metzgerstichverletzungen, gefolgt von den **iatrogenen Verletzungen** mit 19,9 % und den Unfällen im **Haushalt**, bei **Spiel und Sport** mit 14,7 %. Der Anteil der Gefäßverletzungen bei **Tätlichkeiten** lag bei 8,6 %, während bei 2,6 % ein **Suizidversuch** als Ursache vorlag. Bei einem Patienten war die Ursache nicht zu ermitteln. VOLLMAR (1975) gibt für Betriebsunfälle 33 %, für Verkehrsunfälle 14 %, für iatrogene Verletzungen 7 %, für Suizide 23 % und für die häuslichen Unfälle und Tätlichkeiten zusammen 23 % an. Bemerkenswert ist, daß - von 4 Gefäßverletzungen abgesehen - alle von uns erfaßten Gefäßverletzungen im Kopf-Hals-Bereich durch

Schnittverletzungen ausschließlich bei Autounfällen entstanden waren (fast ausnahmslos Beifahrer ohne angelegten Sicherheitsgurt!).

Besondere Beachtung verdienen die durch einen ärztlichen Eingriff verursachten (iatrogenen) Gefäßtraumen; denn sie haben mit der Entwicklung der kardiovaskulären Chirurgie und der vermehrt angewandten Angiographie in der Diagnostik spürbar an Zahl zugenommen. Während VOLLMAR bei 221 Gefäßverletzten in 7 % bzw. bei 168 Gefäßverletzten in 6 % der Fälle eine iatrogene Ursache fand, waren es bei unseren 116 Patienten fast 20 % (s. a. Tabelle 2). Da es sich bei den iatrogenen Gefäßtraumen um Schäden handelt, die bei besserer Indikationsstellung bzw. operativer Technik meist vermeidbar wären, soll an dieser Stelle kurz auf dieses Problem eingegangen werden.

Zu unterscheiden sind die Gefäßverletzungen, die bei diagnostischen Verfahren entstehen, und solche, denen ein therapeutischer Eingriff ursächlich vorausging. Die erste Gruppe ist besonders ernst zu nehmen; denn hierbei überwiegen deutlich die durch P u n k t i o n e n (bei Angiographie) verursachten Gefäßläsionen (im eigenen Patientengut 16). Die Folgen sind S t i c h k a n a l b l u t u n g e n , vor allem bei Hypertonikern und Patienten mit arteriosklerotisch veränderten Gefäßen, a r t e r i e l l e T h r o m b o s e n u n d E m b o l i e n (durch mit Katheter mechanisch abgelöste arteriosklerotische Plaques), P e r f o r a t i o n , G e f ä ß - a s t a b r i ß , A n e u r y s m a s p u r i u m u n d a r t e r i o - v e n ö s e F i s t e l sowie ein A n e u r y s m a d i s s e c a n s

Tabelle 2: Unfallursachen bei 92 Gefäßverletzten

I)	<u>Unfallbedingt</u>	79 (68,1 %)
1)	<u>im Verkehr</u>	38 (32,7 %)
	a) Auto	16 (13,7 %)
	b) Fußgänger	15 (13,0 %)
	c) Rad / Krafttrad	7 (6,0 %)
2)	<u>bei der Berufsausübung</u>	24 (20,7 %)
	<u>im Haushalt</u>	
3)	<u>beim Sport</u>	17 (14,7 %)
	<u>beim Spiel</u>	
II)	<u>Iatrogen</u>	23 (19,9 %)
	a) Punktionen	16 (13,8 %)
1)	<u>in der Diagnostik</u>	b) Mediastinoskopie - -
	c) Laparoskopie	- -
	a) Allgemein-Op.	7 (6,1 %)
2)	<u>bei der Therapie</u>	b) Gefäßoperationen - -
	c) Strahlenschäden	- -
III)	<u>In Verletzungsabsicht</u>	13 (11,2 %)
1)	<u>Tötlichkeiten</u>	10 (8,6 %)
2)	<u>Suizid</u>	3 (2,6 %)
IV)	<u>Sonstige (anamnestisch nicht erfaßbar)</u>	1 (0,7 %)

(Punkt II nach R. SAILER und H. MERGUET, Düsseldorf / 37 /)

der Aorta nach lumbaler Aortographie / 37 /. Die Häufigkeit postangiographischer Trombosen und Embolien gibt JLMER mit 1,7 % an / 42 /.

Was die Gefäßläsionen bei therapeutischen Eingriffen anbelangt, fanden wir bei unseren 116 Patienten 7 Fälle von unbeabsichtigten Nebenverletzungen von Gefäßen bei Allgemeinoperationen, während sich bei Gefäßoperationen (z. B. mit Ringstripper oder Fogarty-Katheter) und bei Bestrahlungen Gefäßläsionen nicht sicher recherchieren ließen. Grundsätzlich besteht bei jedem operativen Eingriff die Möglichkeit unbeabsichtigter Gefäßverletzungen besonders in den Durchzugsgebieten großer Gefäße. Auch hierbei sind Hypertoniker und Patienten mit arteriosklerotisch veränderten Gefäßen sicher häufiger betroffen. Abschließend läßt sich sagen, daß die iatrogenen Gefäßschäden meist bei frühzeitiger Erkennung und schneller Revision des Operationsgebietes korrigiert und somit die immer noch zahlreichen Dauerschäden vermieden werden können / 37 /.

DIAGNOSTIK DER GEFÄßVERLETZUNGEN

MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER ANGIOGRAPHIE

Das frühzeitige Erkennen einer Gefäßverletzung und die damit verbundene spezielle Diagnostik sind die wichtigsten Voraussetzungen für eine rechtzeitige gezielte Therapie und eine gute Prognose. Leider wird jedoch die Möglichkeit von Gefäßverletzungen häufig noch zu gering eingeschätzt bzw. ihre Symptomatik zu wenig beachtet.

Grundsätzlich ist die Symptomatik der - arteriellen - Gefäßverletzungen gekennzeichnet durch **B l u t u n g** und / oder **p e r i p h e r e M a n g e l - d u r c h b l u t u n g**. Bei entsprechenden Traumen kann jedes dieser Symptome oder ihre Kombination ein Hinweis auf eine arterielle Gefäßverletzung sein, ihr Fehlen schließt diese aber nicht aus / 16 '. Deshalb sollte das diagnostische Vorgehen beim geringsten Verdacht auf ein Gefäßtrauma gründlich und - vor allem, wenn das Unfallereignis schon länger zurückliegt - zügig abgewickelt werden. In der Reihenfolge der Maßnahmen schließen wir uns im Prinzip dem Schema von **VOLLMAR / 30 / an** (s. a. Tabelle 7, Seite

Die **F r e m d -** oder **E i g e n a n a m n e s e** kann bereits Auskunft darüber geben, ob und wo eine Gefäßverletzung möglicherweise vorliegt. Das trifft beispielsweise zu bei Stich- und Schußverletzungen, bei stumpfen

Thoraxtraumen und Stürzen aus großer Höhe (Dezelerationstrauma der Brustaaorta) und nach bestimmten medizinischen Eingriffen (Operationen, Punktionen usw., s. a. Tabelle 2). Ist der Patient ansprechbar, so kann man aus seinen (subjektiven) Angaben häufig richtige Schlüsse auf ein Gefäßtrauma ziehen. Meistens klagten solche Patienten (bei verletzten Extremitätenarterien) über Sensibilitätsausfälle und Verlust der Muskelkraft - was aber nicht einfach mit einer Nervenverletzung als Ursache abgetan werden darf - und über (ischämische) Schmerzen, wie sie auch durch Prellung, Zerrung, Fraktur oder Hämatom verursacht werden können. Beim bewußtlosen Patienten hingegen ist der Untersucher allein auf seine eigenen Beobachtungen und die objektivierenden Untersuchungen angewiesen.

Von der stumpfen Gefäßverletzung einmal abgesehen, lassen sich bei der **I n s p e k t i o n** Lokalisation, Beschaffenheit und Verlaufsrichtung einer Wunde, eventuell eine Blutung nach außen und - später - eine livide Marmorierung der ischämischen Bezirke ohne weiteres feststellen. Bei Blutungen ist zu beachten, daß das Ausmaß des Blutverlustes schwer abzuschätzen und als diagnostisches Kriterium deshalb nur von begrenztem Wert ist. Bei inneren Blutungen jedoch kann die momentane Kreislautsituation ein nahezu eindeutiger Hinweis auf eine Blutung sein, z. B. Kreislaufzentralisation im Schockzustand. Blässe einer Extremität oder des ganzen Körpers (im Schock) deuten auf eine lokale bzw. reaktive periphere Hypozirkulation hin. Während Blutungen in die großen Körperhöhlen

Verlagerungs- bzw. Kompressionssymptome betroffener Organe (z. B.:

Thorax: Dyspnoe und Dysphagie: Cave Aortentrauma!) hervorrufen,

kommt es an den Extremitäten meistens zu einer Umfangsvergrößerung,

die zwar minimal sein kann (am Oberschenkel z. B. 2 cm), aber einen

gefährlich hohen Blutverlust (in diesem Beispiel: 2000 ml) fatalerweise

kaschiert / 19 /.

Der weiteren Aufklärung dienen die **A u s k u l t a t i o n** und die

P a l p a t i o n. So weist ein auskultatorisch wahrgenommenes Schwir-

ren bzw. Maschinengeräusch auf eine arteriovenöse Fistel hin.

Der **T a s t b e f u n d** kann dem Untersucher Aufschluß geben über

die Hauttemperatur (Kälte bei Ischämie bzw. Schocksyndrom), Blutungen

in den Bauchraum (akutes Abdomen), Venenfüllung in der Peripherie

und - bei seitenvergleichender Palpation - über die Arterienpulsqualitäten

sowie zur Diagnose eines pulsierenden Hämatoms führen.

Dem geschilderten diagnostischen Vorgehen schließt sich in den aller-

meisten Fällen die **R ö n t g e n u n t e r s u c h u n g** der offensichtlichen

bzw. mutmaßlichen Verletzungsregion an. Frakturen, Luxationen, Dis-

lokation von Knochenfragmenten und eingedrungene Fremdkörper (Ge-

schosse, Splitter u.a.) kennzeichnen so den vorher oft noch nicht lokali-

sierbaren verletzten Gefäßabschnitt. Verdrängung bzw. veränderte

Röntgenkontrastierung von Organen lassen sich bei Blutungen in den

Brust-, Bauch- und Retroperitonealraum und ins Mediastinum diagnostizieren.

Da das Oszillogramm bei der Akutdiagnostik wohl nur in seltenen Fällen in Frage kommt, sind bei einem noch unvollständig abgeklärten Befund die Angiographie oder die Probefreilegung als sicherste differentialdiagnostische Verfahren zu fordern. Während bei offenen Weichteilwunden, die ohnehin chirurgisch angegangen werden, die Probefreilegung die schnellste und sicherste Diagnose bringt, sind es - wie in der Diagnostik der nichttraumatogenen Gefäßkrankungen - die verschiedenen Methoden der Angiographie, die zur definitiven Diagnose verhelfen.

Die grundlegende Voraussetzung für die Methodik der Angiographie war mit der Entdeckung der Röntgenstrahlen (1895) gegeben. Wurde erst 17 Jahre später durch LEXER als ersten eine Gefäßoperation unter Erhaltung der Gefäßkontinuität - eine Venentransplantation - mit Erfolg durchgeführt, so dauerte es noch weitere 10 Jahre bis 1923 die erste Angiographie beim Lebenden gelang. Die weitere Entwicklung der Angiographie war gekennzeichnet durch die erstmalige Anwendung der translumbalen Aortographie und der zerebralen Angiographie mit Jod - Natrium durch zwei portugiesische Mediziner (dos SANTOS und MONIZ) / 13 /.

Die Angiographie informiert über die Topographie und Wandveränderungen

(einschließlich der Defekte) der Gefäße, über Kollateralkreisläufe und den Füllungsablauf. Bevor eine Angiographie durchgeführt wird, muß Klarheit geschaffen werden über Art und Lokalisation eines Gefäßtraumas, den Zeitpunkt der Durchführung, mögliche Kontraindikationen, die Art der Anästhesie und die Angiographiemethode / 13 /.

Da die scharfen Gefäßtraumen wegen ihrer relativ deutlichen Symptomatik eine Angiographie meistens nicht notwendig machen, erstreckt sich der Anwendungsbereich der angiographischen Untersuchung auf die stumpfen Traumen aller Schweregrade, die am häufigsten übersehen oder, wie z. B. beim Grad I erst bei sekundärer Thrombosierung, zu spät erkannt werden. Besonders bei Vielfachverletzten mit schweren inneren und / oder Knochen-Verletzungen besteht diese Gefahr, da das chirurgische Interesse sich anfangs darauf richtet und zudem die Symptomatik der stumpfen Gefäßverletzung noch nicht vollständig ausgeprägt sein kann / 2 /. Wenn also nach Frakturreposition bzw. Osteosynthese und falls erforderlich - Schockbekämpfung distale Arterienpulse noch immer fehlen (Fortbestehen der Strombahnunterbrechung), besteht innerhalb der nächsten 3 - 4 Stunden die absolute Indikation für eine angiographische Abklärung der Gefäßsituation / 44, 13 /.

Selbstverständlich darf solange keine Hochlagerung oder Abschnürung (Tourniquet) der Extremität erfolgen, um einen möglichen Kollateralkreislauf nicht zu blockieren und den Venenabfluß offen zu halten.

Eine erfolgversprechende Wiederherstellung der verletzten Abschnitte ist aber nur dann gegeben, wenn der Zeitverlust zwischen Verdachtsdiagnose und Angiographie möglichst klein gehalten werden kann, wobei der Allgemeinzustand der Patienten – bedingt durch das Ausmaß eventueller weiterer Verletzungen – in vernünftiger Beziehung zu dem zu erwartenden Ergebnis stehen muß. So ist im Bereich der unteren Extremität so früh wie möglich zu angiographieren, da besonders an Oberschenkel und Knie ein ausreichender Kollateralkreislauf nicht oft gegeben ist. Darüber hinaus kann die Angiographie auch zur Entscheidung über Amputation oder Erhaltungsversuch beitragen / 13 /.

Wenn beim Verdacht auf ein Gefäßtrauma auf eine klärende Angiographie verzichtet wird, kann das für den Patienten oft schwerwiegendere Folgen haben als eine bei dieser Untersuchung (selten) auftretende Komplikation /13/. Folglich ist die Zahl der Gegenindikationen bei der Angiographie als notwendige Zusatzuntersuchung bei Gefäßverletzten gering / 2, 31 /:

1. Posttraumatischer Schock
2. Eindeutige klinische Situation
3. Allgemeine Kontraindikationen bei Angiographie (Blutgerinnungsstörungen, schwere Allgemeinerkrankungen und Kontrastmittelunverträglichkeit).

Für die angiographische Untersuchung ist in der Regel als Anästhesiemethode die Narkose zu empfehlen. GOERTTLER, SCHLOSSER und

BLÜMEL (1971) geben dafür zwei einleuchtende Gründe an:

1. Die Schmerzfreiheit des Patienten während der Kontrastmittelinjektion (vor allem bei Injektionen in Extremitätenarterien).
2. Aussagekräftige Angiogramme ohne Bewegungsunschärfe.

Bei einfachen Femoralisangiographien genügt für die Gefäßpunktion gewöhnlich eine Lokalanästhesie; lediglich für die eigentliche Untersuchung ist – aus in Punkt 2 ersichtlichen Gründen – eine Kurznarkose angezeigt. Das gleiche gilt für Katheterangiographien, während man bei der trans-lumbalen Aortographie die Intubationsnarkose anwenden sollte.

Grundsätzlich sind bei der Arteriographie zwei Arten von Untersuchungsmethoden zu unterscheiden, nämlich die direkte oder Nadelmethode und die indirekte oder Kathetermethode (Seldinger). Die Wahl der Untersuchungsmethode / 31, 32 / ist letztlich von der klinischen Fragestellung abhängig. Bei unseren Patienten wurde bei insgesamt 13 präoperativen Angiographien (11 % aller Patienten) die direkte Nadelmethode der Kathetermethode eindeutig vorgezogen. So wurden 6 Aortographien (5 %) und 4 Femoralisangiographien (3,4 %) und 2 Brachialis- bzw. Axillarisangiographien (1,7 %) – gegenüber einer einzigen Untersuchung nach Seldinger (0,9 %) – durchgeführt. Der direkten Nadelmethode ist besonders deshalb der Vorzug zu geben, da es bei der Kathetermethode leichter zu Komplikationen kommen kann (Verletzung der Intima durch den Führungsdraht, thrombotischer Verschuß nach Katheterentfernung u.a.). Während bei Untersuchungen an

der unteren Extremität die **Femorali s a n g i o g r a p h i e** die Methode der Wahl darstellt, vorausgesetzt der traumaverdächtige Gefäßabschnitt liegt nicht in unmittelbarer Nähe der Punktionsstelle, wird man bei Verletzungen der supraaortalen Äste und bei Gefäßtraumen im Brust- und Bauchbereich, sofern die **translumbale Aortographie** aus bestimmten Gründen nicht zugemutet werden kann, auf die Kathetermethode zurückgreifen. Unabhängig von dem im jeweiligen Fall gewählten Zugang steht die absolute Forderung nach der **Serienangiographie**, da eine einzige Momentaufnahme nichts über den (patho-)physiologischen Ablauf aussagt und somit zu möglicherweise schwerwiegenden Fehldiagnosen führen kann.

ÜBERSICHT ÜBER DIE EIGENE STATISTIK

In diesem Kapitel berichten wir über 138 Gefäßverletzungen bei 116 Patienten der Erlanger Chirurgischen Universitätsklinik in den Jahren 1958 - 1974. Nahezu drei Viertel dieser Patienten waren Männer (73 %), 23 % Frauen, wobei bei den Arbeitsunfällen das Verhältnis Männer - Frauen 23 : 1 betrug. VOLLMAR (1975) gibt in seiner Statistik den Anteil des männlichen Geschlechts mit 82 % an. Während bei VOLLMAR 75 % der Verletzten sich zwischen dem 20. und 50. Lebensjahr befanden, lag die Zahl dieser Gruppe bei uns mit ca. 53 % erheblich niedriger. Übereinstimmend zeigt die Altersverteilung in beiden Statistiken einen Gipfel in der 3. Lebensdekade (s. Abb. 1). Unser jüngster Patient war 2 Jahre, der älteste 78 Jahre alt.

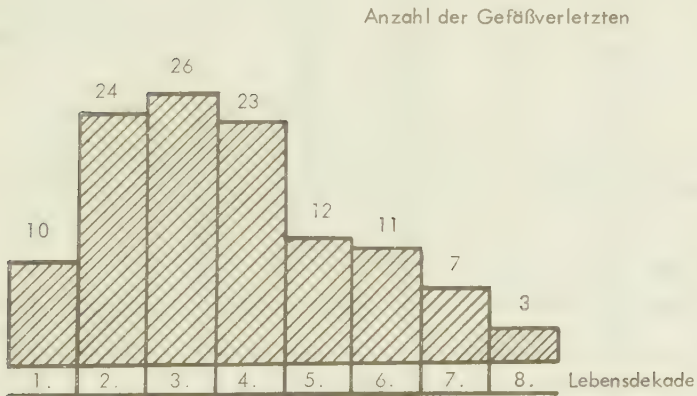


Abb. 1 : Altersverteilung bei 116 Gefäßverletzten der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen

Lokalisation	Arterie		Vene		Gesamt	
	links	rechts	links	rechts		
facialis	1 (1)		1 (1)		2 (2)	12 8,7 %
maxillaris	1				1	
temporalis	1				1	
jugularis			1	2 (1)	3 (1)	
vertebralis	1				1	
carotis ext.		1			1	
carotis com.	2				2	
thyreoidea sup.		1 (1)			1 (1)	42 30,4 %
subclavia	1				1	
axillaris	1 (1)	3 (1)	1 (1)	1 (1)	7 (4)	
brachialis	2	2 (1)		1 (1)	5 (2)	
ulnaris/radialis	7 (1)	-	1 (1)		8 (2)	15 10,9 %
vena cava inf.				2	2	
aorta	1				1	
pulmonalis	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	4 (4)	
mesenterica sup.		2 (1)		2 (1)	4 (2)	
lienalis			1		1	
renalis				1	1	
cystica		1			1	
gastrica	1				1	69 50 %
iliaca com.		1 (1)		2 (1)	3 (2)	
iliaca ext.	2	1		1	4	
femoralis com.	3	2			5	
femoralis superf.	13 (5)	18 (5)	7 (5)	5 (5)	43 (20)	
poplitea	3 (1)	5	1 (1)		9 (2)	
tibialis	2	1			3	
fibularis	2				2	
Gesamt	53 (10)	53 (11)	14 (10)	18 (11)	138 (42)	
	76,8 %		23,2 %		100 % (30,4 %)	

Tabelle 3 :

Lokalisation von 138 Gefäßverletzungen. In Klammern jeweils der zahlenmäßige Anteil der bei arteriovenösen Kombinationstraumen verletzten Gefäße

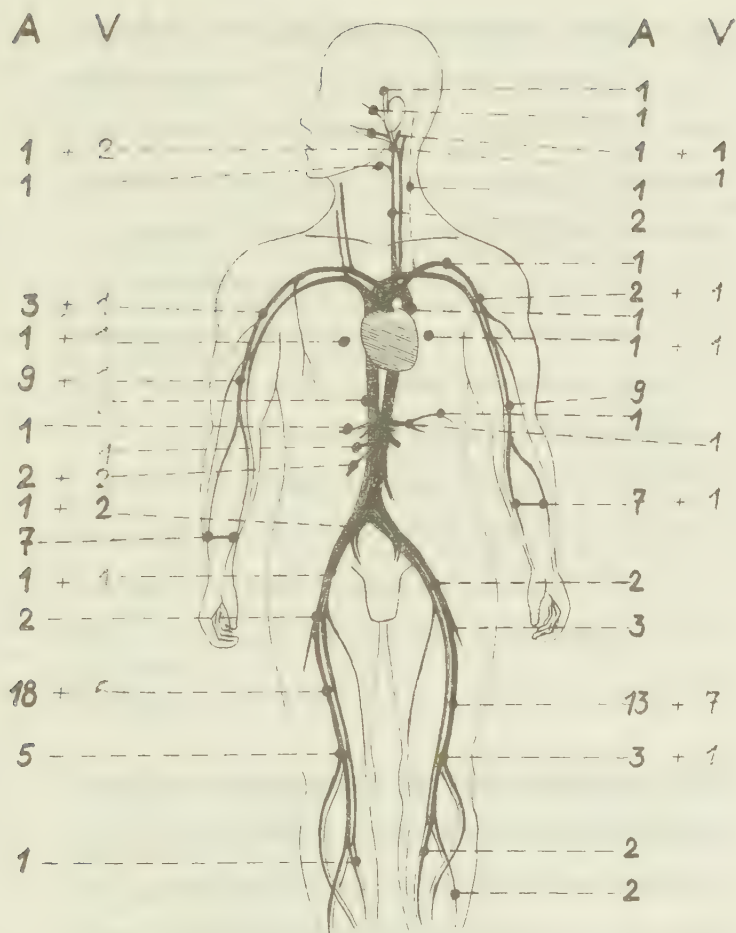


Abb. 2: Lokalisation von 138 Gefäßverletzungen bei 116 Patienten

Wie aus Tabelle 3 und Abbildung 2 hervorgeht, waren die Arterien- (76,8 %) und Venenverletzungen (23,2 %) bei unseren Patienten in allen Körperregionen zu registrieren. Bei 73 % der Verletzten waren nur eine Arterie, bei 9 % nur eine Vene und bei 18 % Arterie und Vene gleichzeitig verletzt. Von den 21 Patienten (18 %) mit arteriovenösen Kombinationsverletzungen hatten sich 15 die Verletzung an den Extremitäten zugezogen, wobei jedoch nur in 2 Fällen eine sekundäre Amputation vorgenommen werden mußte. In der Häufigkeit der Lokalisation rangierte der Oberschenkel mit 34 % aller Verletzungen an erster Stelle, gefolgt vom Oberarm (19 %), Unterarm/Hand und Abdomen (je 11 %), Kniekehle (6 %), Kopf, Thorax und Schulterregion (je 5 %), wobei die rechte Körperseite (51 %) gegenüber der linken (49 %) leicht überwog.

Eine vergleichende Übersicht über die körperregionale Verteilung der Gefäßverletzungen gibt die Tabelle 4. Bei der ersten Gruppe (Kopf/Hals) wurden verletzte intrakranielle Gefäße allerdings nicht berücksichtigt. Auffallend ist der allgemein festzustellende hohe Anteil von Gefäßtraumen an der unteren Extremität (ein Drittel bis über die Hälfte aller Fälle).

Bei unseren Patienten handelte es sich in rund 60 % der Fälle um Multitraumatisierte; d.h. in diesem Zusammenhang, daß zu den

Gefäßtraumen noch begleitende Knochen- und Weichteilverletzungen.
(Nerven, Muskeln, Sehnen, parenchymatöse Organe) hinzukamen
(Tabelle 5).

Wie aus Tabelle 6 zu entnehmen ist, machen bei den Begleitverletzungen
die Knochenfrakturen und Luxationen den Hauptteil aus (14 % - 33 %).
Beim Anteil der isolierten Gefäßverletzungen schwanken die vorliegen-
den Angaben zwischen 23 % und 53,4 %.

	Eigene 1958-74	HEBERER 1959-72	VOLLMAR 1953-69	JAHNKE, SEELEY, HUGHES 1951-52
Gesamtzahl	138	151	250 ¹⁾	---
Kopf / Hals	8,7 %	4,5 %	1,2 %	} 6 %
Rumpf	10,9 %	36,0 %	4,0 %	
Ob. Extremität	30,4 %	24,5 %	62,0 %	38 %
Unt. Extremität	50,0 %	35,0 %	32,8 %	56 %

Tabelle 4 : Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilung bei Gefäß-
verletzungen. : Zusammengestellt nach eigenen Ergebnissen,
nach HEBERER /'18/, VOLLMAR /44/, JAHNKE und
SEELEY /28/ und HUGHES /25/

¹⁾ Nur Arterienverletzungen

Bei rund 86 % der von uns ermittelten 138 Gefäßtraumen lag eine sub-
totale bis totale Zerreissung mit allen Übergängen von der lochförmigen
Eröffnung bis hin zur vollständigen Querdurchtrennung vor. In 15 % der

Fälle war es zu einer isolierten oder begleitenden Intimaläsion gekommen, in 7 % zu einer Gefäßkompression, in insgesamt 8 % zu einer Kombination der eben genannten Verletzungsmechanismen.

<u>Isolierte Gefäßverletzung</u>	<u>55 (39,9 %)</u>
<u>Multitrauma</u>	<u>83 (60,1 %)</u>
Knochenfraktur	40 (29,0 %)
<u>Weichteilverletzung</u>	<u>43 (31,1 %)</u>

Tabelle 5 : Verletzungskombination bei 138 Gefäßverletzungen

	Eigene	VOLLMAR	GOLDMANN u. a.	HEBERER
Gesamtzahl	138	250 ¹⁾	---	118
Isolierte Gef.-Verl.	39,9 %	23 %	----	53,4 %
Knochenbeteiligung	29,0 %	14 %	29,5 %	33,0 %

Tabelle 6 : Gegenüberstellung der Verletzungskombinationen.

Zusammengestellt nach eigenen Ergebnissen, nach VOLLMAR /44/, GOLDMANN u. Mitarb. /14/ und HEBERER /18/.

¹⁾ Nur Arterienverletzungen

Auf die Behandlungsmethoden, ihre Ergebnisse und Komplikationen wird im folgenden Abschnitt näher eingegangen.

BEHANDLUNGSVERFAHREN

Über das therapeutische Vorgehen bei Gefäßverletzungen besteht heute weitgehende Übereinstimmung. Die Tabelle 7 gibt Möglichkeiten und Reihenfolge der anzuwendenden Maßnahmen wieder.

Da es bei den stumpfen Gefäßtraumen höchstens bei Quetschung größerer Arterien zu einer Blutung kommt, die Gefäßläsion oft durch schwerwiegende Begleitverletzungen, vor allem Frakturen, verdeckt wird und eine entsprechende Symptomatik im Frühstadium meistens fehlt, werden die stumpfen Gefäßtraumen in den allermeisten Fällen erst unter klinischen Bedingungen diagnostiziert und sind damit – besonders auch wegen dem Fehlen einer erkennbaren Blutung – den Sofortmaßnahmen in der Mehrzahl der Fälle entzogen. Deshalb treffen die Erste-Hilfe-Maßnahmen fast ausschließlich auf die scharfen Gefäßtraumen zu.

Die moderne Therapie der Gefäßverletzungen verfolgt zwei Ziele: Die Abwendung der akuten Verblutungsgefahr und die Wiederherstellung des verletzten Gefäßabschnittes.

Beim ersten Punkt steht an der Spitze der Maßnahmen die provisorische Blutstillung, die allerdings fast nur bei peripheren Gefäßverletzungen (einschließlich der A. axillaris) effektiv möglich ist. Die einfachste und dabei wirkungsvollste Methode stellt die digitale Kompression der verletz-

ten Arterie zentral oder an der Verletzungsstelle selbst dar und ist - wie der aseptische Druckverband am Ort der Blutung - ohne besondere Schwierigkeit auch vom Laien anzuwenden. Dagegen sollte auf das Anlegen von Tourniquets - mit Ausnahme des pneumatischen - verzichtet werden, da sie oft nur den venösen Rückfluß stoppen ohne dabei die arterielle Blutung zum Stillstand zu bringen oder Nerven und Muskelgewebe schädigen. Wenig wirkungsvoll für die provisorische Blutstillung sind die Hochlagerung und extreme Gelenkbeugung (Adelmann) der Extremitäten; denn sie vermindern die Auffüllung eventuell vorhandener wichtiger Kollateralen. Ebenso sollte die Anwendung quetschender Klemmen oder grober Ligaturen unterbleiben, da sie zu Nebenverletzungen führen können und oft direkte Gefäßnähte unmöglich machen. Ganz abzusehen ist von einer Unterkühlung (Konstriktion von Kollateralen!) oder Überwärmung (Hitzeschäden!) der betroffenen Körperregion, da beide Maßnahmen letztlich zu Nekrosen führen können.

Falls die Blutung aus einem verletzten Gefäß zu einem hypovolämischen Schockzustand geführt hat, schließt sich die Schockbekämpfung mit Blutersatzmitteln oder Vollblut an.

In der Klinik erfolgt dann (nach unverzüglichem Transport dorthin) nach den (oben beschriebenen) diagnostischen Maßnahmen die endgültige Versorgung des verletzten Blutgefäßes. Die Indikation zur sofortigen Operation ist dabei stets gegeben, wenn eine große Körperstammvene oder eine größere Arterie bis einschließlich der A. brachialis und A. poplitea verletzt wurde.

Tabelle 7 :

Reihenfolge der Therapiemaßnahmen bei Gefäßverletzungen

(modifiziert nach VOLLMAR / LINDER)

A)	<u>Am Unfallort und beim Transport</u>	
	1) Provisorische Blutstillung	} Abwendung der akuten Lebensgefahr, Erhaltung des Lebens
	2) Schockbekämpfung	
B)	<u>In der Klinik</u>	
I)	Diagnostische Abklärung	} Abwendung der Ischämie; Erhaltung z. B. der Extremität
	1) Inspektion, Auskultation, Palpation	
	2) Röntgenuntersuchung und Angiographie	
	3) Probefreilegung	
II)	Operative Versorgung	
	1) Naht	
	a) seitlich	
	b) End-zu-End	
	2) Transplantat	
	a) Patch (Vene oder Kunststoff)	
	b) Transplantat (Vene, Kunststoff)	
	c) Bypass (Vene, Kunststoff)	
	3) Ligatur	} nur in Ausnahmefällen !
	4) Amputation	

Der Entschluß zur chirurgischen Wiederherstellung ist dabei unabhängig vom Ausmaß der Blutung und Ischämie /12, 43/, da die Ligatur dieser sog. kritischen Arterien wegen der hohen Gangrängefahr nicht zu vertreten ist /19/.

Der Erfolg eines rekonstruktiven Eingriffs bei Arterienverletzungen ist - nach HEBERER (1966) - von der Einhaltung folgender Grundregeln abhängig:

1. Ausgiebige Excision und Spülung größerer Weichteilverletzungen.
2. Ausreichende Resektion der verletzten Gefäßwand und eine spannungslose Naht.
3. Vermeidung jeder Einengung oder Abknickung bei der Anastomosierung.
4. Sicherung einer offenen zentralen und peripheren Strombahn.
5. Ausreichende Weichteildeckung.
6. Sichere Ruhigstellung von Frakturen.

Was die Behandlung des verletzten Gefäßabschnittes betrifft, stehen dem Chirurgen heute neben der Ligatur, von der möglichst kein Gebrauch gemacht werden sollte, die direkte laterale Naht oder die End-zu-End-Anastomose und die Verwendung eines Transplantates zur Verfügung. Die auch an der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen von Jahr zu Jahr zunehmende Zahl vor allem rekonstruktiv versorgter Gefäßverletzungen macht die Tabelle 8 deutlich. Über Operationsmethoden, ihre Komplikationen und Ergebnisse bei unseren Patienten gibt die Tabelle 9 Auskunft.

Jahr	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
Zahl	2	--	--	2	1	1	2	2	5	3	7	14	18	19	9	22	9

Tabelle 8 : Operationsfrequenz bei Gefäßverletzungen

Was die Gefäßunterbindung anbelangt, so ist diese heute nur noch in bestimmten Situationen vertretbar und gerechtfertigt:

1. Bei Katastrophenfällen (Zeitersparnis: Erhaltung des Lebens geht vor Erhaltung einer Extremität).
2. Wenn der Allgemeinzustand des Patienten aufgrund anderer Begleitverletzungen so schlecht ist, daß ein größerer rekonstruktiver Eingriff lebensbedrohlich werden würde.
3. Wenn wegen großer Defektwunden keine Weichteildeckung möglich ist.
4. Bei Nachblutungen infolge Wundeiterung (nach einem rekonstruktiven Eingriff)

Darüber hinaus ist die Arterienligatur eventuell vertretbar bei Verletzungen kleinerer bzw. peripherer Gefäße, sofern ein ausreichender Kollateralkreislauf zur Verfügung steht und dieser sorgfältig geschont wird. Das bedeutet z. B. bei den Gliedmaßen, daß distal des Knie- bzw. Ellenbogengelenkes die Ligatur einer der drei Hauptarterien vertretbar ist, wenn die anderen beiden Gefäße durchgängig sind; sind jedoch zwei oder alle drei Arterien in den genannten Bereichen geschädigt, so sollte zumindest eine davon rekonstruiert werden /44/. Grundsätzlich sollte nach Möglichkeit

Art	Lokalisation		Gesamt	Komplikationen			Verlust		Ergebnisse		
	Arterie	Vene		B	I	V	Amp.	Tod	+	-	
SN	25	14	39	4	3	1	4	5	28	2	Anzahl
	18,2	10,1	28,3	2,9	2,2	0,7	2,9	3,7	20,2	1,4	%
EzE	42	5	47	1	3	3	4	1	40	2	
	30,4	3,7	34,1	0,7	2,2	2,2	2,9	0,7	29,0	1,4	
VTP	13	1	14	-	2	-	1	-	13	-	
	9,4	0,7	10,1	-	1,4	-	0,7	-	9,5	-	
VBP	2	-	2	-	1	-	1	-	1	-	
	1,4	-	1,4	-	0,7	-	0,7	-	0,7	-	
FIT	3	-	3	-	-	2	1	-	1	1	
	2,2	-	2,2	-	-	1,4	0,7	-	0,7	0,7	
LIG	21	12	33	4	3	-	1	4	26	2	
	15,2	8,7	23,9	2,9	2,2	-	0,7	2,9	18,9	1,4	
Ges.	106	32	138	9	12	6	12	10	109	7	
	76,8	23,2	100	6,5	8,8	4,3	8,6	7,4	79,0	5,0	

Abkürzungen: B = Blutung, I = Infektion, V = Verschluss

SN = Seitliche Naht

VBP = Venenbypass

EzE = End-zu-End-Anastomose

FIT = Fixierung der Intima
nach Thrombektomie

VTP = Venentransplantat

LIG = Ligatur

Tabelle 9: Operationsmethoden, Komplikationen, Verlustrate und Ergebnisse
bei 138 Gefäßverletzungen

auch bei diesen kleineren Arterien wenigstens der Versuch der Rekonstruktion unternommen werden. Eine Grundregel bei jeder Versorgung einer Gefäßverletzung, sei es durch direkte Naht oder Transplantat, ist die Überprüfung auf einen freien Zu- und Abfluß des Blutstromes. Gegebenenfalls hat eine Thrombektomie mittels Ringstripper oder Fogarty-Katheter zusätzlich zur intraoperativen systemischen Heparinisierung des Patienten vor der Abklemmung des betroffenen Gefäßes zu erfolgen. Manche Autoren betonen auch eine lokale Heparineinspritzung, die jedoch - nach BARNER (1974) - meist keine systemische Verteilung erreicht: die lokal applizierte Heparindosis ist zu gering, um eine systemische Verteilung zu bewirken, vor allem dann, wenn die Applikation nach dem Abklemmen distal erfolgt (bei Venenrekonstruktionen stellen die Venenklappen ein Verteilungshindernis dar). Es kommt proximal der Abklemmung zur Entstehung einer Blutsäule, wenn keine Kollateralen vorhanden sind. Da das regional derart applizierte Heparin diese Blutsäule dann nicht erreichen kann, besteht dort die Gefahr einer proximalen Thrombosebildung. Schließlich kann die Zirkulation in einer Extremität nach der Benutzung von Gefäßklemmen so beeinträchtigt sein, daß das lokal applizierte Heparin den distalen Gefäßabschnitt nicht erreicht, obwohl es systemisch zirkuliert, und es kommt dann distal zu einer Thrombose. Es ist klar, daß eine adäquate Heparindosis mit systemischer Verteilung für die Verhütung intraoperativer Thrombosen nötig ist, zumal hierbei das Risiko der Antikoagulierung - mit Ausnahme Multitraumatisierter - minimal ist / 1 /.

Nach Möglichkeit sollte bei der Rekonstruktion den beiden vorgenannten - direkten - Nahtverfahren der Vorzug gegeben werden, da sie erfahrungsgemäß zu den besten Behandlungsergebnissen führen (HUGHES, 1955). Schlitzförmige (Längsrisse) und lochförmige Läsionen bzw. Querrisse oder Einschüsse können durch fortlaufende 5 bis 6 mal 0-Naht aus nicht resorbierbarem Nahtmaterial versorgt werden / 7 /. Zur Vermeidung von Stenosen durch die Naht werden Gefäße mit kleinen Querschnitten (unter 8 mm) mittels Einzelnaht bzw. aufgesetztem autologen Venen- oder Kunststoffpatch verschlossen. Wichtig ist in jedem Fall, daß über den Defekt hinausreichende Intima- und Mediaeinrisse von der Naht miterfaßt werden, um eine sekundäre Dissektion, Thrombosierung oder Nahtinsuffizienz zu verhüten / 19 /. Bei Querrissen, die ein Drittel bis die Hälfte des Gefäßdurchmessers einnehmen, erfolgt nach Anschrägung der Gefäßstümpfe die zirkuläre End-zu-End-Naht. Das gleiche trifft auch für größere Zerreißungen oder Substanzverluste in der Größenordnung unter 2 cm zu (HEBERER); was darüber hinausgeht, muß durch ein Transplantat oder - wie bei 2 unserer Patienten - mittels eines Venen- oder Dacronby-passes korrigiert werden.

Für den Ersatz großer Körperarterien, also oberhalb der Leiste und proximal der Axilla, kommen als Transplantate gestrickte Dacron-Gefäßprothesen einschließlich der Y-Prothese zur Anwendung, falls keine Infektion besteht (z. B. bei einer Darmverletzung). Kunststofftransplantate sollten bei Verletzungen der Extremitätenarterien (vor

allem im Gelenkbereich) nicht eingesetzt werden, da bei ihrer Verwendung dort die Häufigkeit der sekundären Thrombosierung im Vergleich zur Veneninterposition deutlich zunimmt. Bei der Überbrückung eines Gefäßdefektes an der unteren Extremität mit einem autologen Venentransplantat empfiehlt es sich, die Vena saphena magna des nicht verletzten Beines zu verwenden, um die Infektionsgefahr in der Umgebung der Gefäßanastomose nicht durch eine weitere Wunde zu vergrößern und bei einer möglichen gleichzeitigen Verletzung der Begleitvene eine zusätzliche Behinderung des venösen Rückstromes zu vermeiden / 20 /.

Für die Versorgung von Verletzungen der Aorta gelten im Prinzip die gleichen Bedingungen; lediglich die Voraussetzungen, Blutungskämpfung und protektive Maßnahmen, stellen mehr Anforderungen an die Klinik (intraoperativer intra- oder extrakorporaler Bypass). Bei der Versorgung einer A. carotis communis-Verletzung bietet sich für die kritische Abklemmzeit die Anwendung eines intraluminalen Shunts an.

Eine vergleichende Übersicht über die bei Gefäßverletzungen angewandten Therapiemethoden gibt Tabelle 10.

Obwohl die Behandlung akuter arterieller Verletzungen heute zur Routine geworden ist, wird akuten Venenverletzungen immer noch nicht die ihnen zukommende Beachtung entgegengebracht. Die Wie-

derherstellung verletzter venöser Gefäße zentral des Knie- bzw. Ellenbogengelenkes geschieht im allgemeinen nach den gleichen Grundsätzen wie bei der Rekonstruktion verletzter Arterien (freier Zu- und Abfluß; systemische Heparinisierung zur Vermeidung einer Frühthrombose; Vermeidung von Nahtkonstriktionen und Schädigung der Kollateralen) und sollte stets vor dem Eingriff an einer (eventuell) verletzten Begleitarterie erfolgen. Neben iatrogen bedingten Venenverletzungen bei Neck-Dissection, totaler Mastektomie, Operationen an den Saphena-Venen u. a., kommt es bei Frakturen, besonders des Unterschenkels, häufig zu Läsionen tiefer Venen (mit konsekutiver Thrombose) / 6, 21 /, deren Folgen unter dem Begriff des postthrombotischen Syndroms zusammengefaßt werden. Aus diesem Grund sollte man auch von einer Ligatur der venösen Gefäße an der unteren Extremität nach Möglichkeit absehen, was auch den bisherigen Erfahrungen der Venenchirurgie aus dem Vietnamkrieg entspricht / 36 /. So wurden nach den vorliegenden Berichten im Vietnamkrieg rund ein Drittel aller verletzten Venen rekonstruiert. Dabei zeichnet sich ein Trend ab, die Venen der unteren Gliedmaßen - wie bisher schon die großen Körperstammvenen - mit autologen Venentransplantaten zu rekonstruieren. Befürchtungen, daß es in Verbindung mit Thrombosen bei Veneneingriffen zur Thrombophlebitis und Lungenembolie kommen könnte, haben keine Bestätigung gefunden. Nur in einzelnen Fällen mußte wegen der oben genannten Komplikationen sekundär ligiert werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit

thrombosierte rekonstruierte Venen und Venentransplantate zu rekanalisieren. Wenn auch noch keine Berichte über die Spätergebnisse der im bereits erwähnten Zeitraum rekonstruierten Venenverletzungen vorliegen, so sollten dennoch die bisher vorliegenden ermutigenden Ergebnisse Anlaß sein, bei jeder größeren Venenverletzung eine Rekonstruktion zumindest zu versuchen.

	Eigene	LINDER/VOLLMAR	VOLLMAR	HEBERER
Gesamt	138	223	348	118 ²⁾
Ligatur	23,9 %	84 % ¹⁾	68,5 % ¹⁾	19,5 %
Direkte Naht	64,6 %	10 %	16,0 %	} 70,3 %
Transplantat	11,5 %	6 %	15,5 %	
Konservativ	---	---	---	10,2 %

Tabelle 10 : Gegenüberstellung der bei Gefäßverletzungen angewandten Therapiemethoden. Zusammengestellt nach LINDER / VOLLMAR / 30 /, VOLLMAR / 44 / und HEBERER / 18 /.

1) Einschließlich kleinster Gefäße

2) Ausschließlich Extremitätenarterien

Von den verschiedenen Operationsverfahren wurde in unserer Klinik die End-zu-End-Anastomosierung verletzter Gefäße deutlich bevorzugt (34,1 %), davon in 30,4 % bei arteriellen Traumen. Rund 24 % der

arteriellen und 44 % der venösen Verletzungen wurden durch seitliche Naht behoben. Bei den 33 Gefäßen, die ligiert werden mußten (23,9 %), handelte es sich um kleinere periphere Gefäße oder um Verletzungen mit großen Substanz- bzw. Weichteilzerstörungen (Lungen- und Magenschüsse, Milzzerreißung, Zerreißung der A. subclavia bei Trauma des Schultergürtels u.a.). Venentransplantate als Interposition kamen in 14 Fällen (10,1 %) zur Anwendung. In zwei Fällen haben wir einen Venenbypass eingesetzt.

Ein besonderes Problem stellen die mit einer Arterienverletzung kombinierten Traumen dar. Es handelt sich dabei – außer der bereits beschriebenen Venenverletzung – um Frakturen und Luxationen sowie um Nerven- und Weichteilläsionen bzw. um inkomplette Gliedmaßenabrisse. Eine primäre Amputation kommt jedoch nur in Frage, wenn eine zu lange Ischämiezeit oder das Ausmaß eines gleichzeitigen Weichteildefektes einen Gefäßeingriff von vornherein aussichtslos erscheinen lassen.

Grundsätzlich hat die Stabilisierung des Skelettsystems durch sofortige Osteosynthese (Marknagelung, Verschraubung) vor jeder anderen rekonstruktiven Maßnahme an Gefäßen, Nerven und Weichteilgewebe vorzugehen (Ausnahme: lebensbedrohliche Verletzungen der Kopf-Hals-Region und des Körperstammes). Es empfiehlt sich aber vorher zumindest die

Blutungsquelle aufzusuchen und sie je nach Situation entweder vorübergehend auszuschalten oder durch einen provisorischen intraoperativen Bypass (Dacron) einen lokalen Umgehungskreislauf – besonders bei fehlenden Kollateralen – für die Zeit der Osteosynthese herzustellen, um so einer fortschreitenden Mangel durchblutung einigermaßen entgegenwirken zu können. VOLLMAR (1975) empfiehlt, im Rahmen des Osteosyntheseverfahrens im Bereich langer Röhrenknochen eine Knochenverkürzung (um 1-2 cm) vorzunehmen, um somit anschließend nach Resektion der Gefäßstümpfe die Gefäße durch direktes Nahtverfahren und eventuell durchtrennte Nerven mittels primärer Nervennaht spannungsfrei zu anastomosieren; denn die endgültige Rehabilitation kombinierter Gefäß-Nerven-Verletzungen hängt ganz entscheidend von der Wiederkehr der Nervenfunktion ab / 44 /. Bei jeder Frakturbehandlung und Gefäßrekonstruktion ist eine ausreichende Weichteilschicht zwischen gebrochenem bzw. stabilisiertem Knochen und der Arterie von großer Bedeutung für die Heilung, da der verletzte bzw. wiederhergestellte Bereich von durchblutetem Gewebe umgeben sein muß /26, 27/.

Die Nachbehandlung von Gefäßverletzungen umfaßt die Oszillographie und in Zweifelsfällen zur Kontrolle der Strombahndurchgängigkeit die Angiographie, die Ruhigstellung der betroffenen Körperregion zur Verringerung der Nachblutungs- und Infektionsgefahr und – bei offenen Verletzungen – die heute in der allgemeinen Unfallchirurgie ohnehin obligate Infektionsprophylaxe mit einem Breitspektrum-Anti-

biotikum. Selbstverständlich hat auch jede weitere Beeinträchtigung des wiederhergestellten Gefäßabschnittes, dessen Zu- und Abfluß und des Versorgungsgebietes des Gefäßes z. B. durch einen zirkulär angelegten Gips und komprimierende Verbände und Bandagen zu unterbleiben, um den Erfolg der Operation nicht in kürzester Zeit wieder zunichte zu machen.

Die etwas problematische Nachbehandlung mit Antikoagulantien (bei unseren Patienten in ca. 11 % der Fälle) dürfte nur in wenigen Fällen eine echte Indikation finden, so z. B. bei Rekonstruktionen der Venen oder deren Ligatur (Gefahr einer Abflußstörung), bei Venentransplantaten und bei arteriosklerotisch veränderten Gefäßen / 19, 22 /. In den meisten übrigen Fällen ist von einer Antikoagulantienbehandlung abzuraten, da sie - vor allem bei Verletzung der Körperstammgefäße - die Blutungsgefahr erhöhen kann, zumal dann, wenn eine aufgrund eines präoperativen Blutverlustes durchgeführte Volumensubstitution eine unter Umständen lebensgefährliche Gerinnungsstörung hervorgerufen hat / 19 /.

BEHANDLUNGSERGEBNISSE

Die bei unseren 116 Patienten erzielten Behandlungsergebnisse sind aus Tabelle 9 (Seite 44) zu ersehen. Von den angewandten Operationsverfahren wies die Interposition von Venentransplantaten relativ zu den anderen Methoden die geringste Komplikations- und Amputationsrate auf (14,3 % bzw. 7,1 %). Am zweitbesten bewährte sich die Methode der End-zu-End-Anastomosierung (Komplikationsrate 14,9 %, Amputationsrate 8,5 %), wobei, von 2 Fällen und den 4 Amputationen abgesehen, bei allen derart versorgten Verletzungen ein positives Ergebnis erzielt werden konnte, d. h. es wurden eine postoperative Wiederkehr der peripheren Pulse bzw. die Beseitigung der Ischämie erreicht. Dieses Resultat würde annähernd der Bewertung entsprechen, die HUGHES (1958) für verschiedene Rekonstruktionsmethoden - aufgrund der Erfahrungen im Koreakrieg - gegeben hat / 23 /. Insgesamt konnte bei 79,0 % aller bei uns versorgten Gefäßverletzungen ein positives Ergebnis erzielt werden, während dies bei rund 5,0 % nicht voll gelang. MORRIS und Mitarbeiter (1960), die 220 friedensmäßige Arterienverletzungen auswerteten, fanden, daß bei 86 % der rekonstruktiv versorgten Patienten eine Wiederkehr der peripheren Pulse erreicht werden konnte; die Amputationsrate betrug 3,6 %. Allgemein wird nach den bisher vorliegenden Behandlungsergebnissen friedensmäßig entstandener Arterienverletzungen ein funktionell zufriedenstellendes

Ergebnis in 80 - 100 % erreicht / 12, 33, 40, 45 /. In unserem Patientengut betrug die Komplikationsrate 19,6 %, der Anteil der sekundären Amputationen 8,6 % und der Todesfälle 7,4 %. Die hohe Todesrate bei den bei uns durchgeführten Gefäßligaturen erklärt sich aus den schon erwähnten Verletzungen, die mit diesem Verfahren versorgt wurden. Die häufigsten Komplikationen stellten Infektionen (8,8 %) und Blutungen (6,5 %) dar, während es in 6 Fällen (4,3 %) zu Verschlüssen der rekonstruierten Gefäße kam (s. Tabelle 9, Seite 44). VOLLMAR (1975) ermittelte in seinem Patientengut für Infektionen einen Anteil von 1 % und für Verschlüsse einen von 2 %. Eine vergleichende Übersicht über die Behandlungsergebnisse gibt Tabelle 14.

	Eigene	VOLLMAR	HEBERER
Gesamt	138	348	106 ¹⁾
Volle Funktion	79,0 %	91,3 %	74 %
Eingeschränkte F.	5,0 %	6,0 %	11 %
Amputation	8,6 %	2,6 %	12 %
Tod	7,4 %	1,1 %	3 %

Tabelle 14 : Gegenüberstellung der Behandlungsergebnisse. Zusammengestellt nach eigenen Ergebnissen, nach VOLLMAR / 44 / und HEBERER / 18 /.

¹⁾ nur Arterienverletzungen

Bei der Hälfte derjenigen unserer Patienten, denen Gliedmaßen amputiert werden mußten, lag eine schwere Infektion mit teilweise rezidivierendem Verschuß vor; bei einem Drittel der notwendig gewordenen Amputationen war es vorher zu einem postoperativen irreversiblen Gewebeschaden gekommen. Aufschluß über die Amputationsursachen und die Abhängigkeit der Amputationsrate von der Lokalisation der Gefäßverletzungen geben die Tabellen 11 und 12. Es fällt auf, daß von Amputationen fast ausschließlich die untere Extremität (10 von 12 Amputationen) betroffen und die A. femoralis am häufigsten verletzt war.

Ursache	V	I	IV	G	IG	Gesamt
Anzahl	2	4	2	3	1	12
%	1,4	2,9	1,4	2,2	0,7	8,6

I = Infektion; V = Verschuß; G = Ischämischer Gewebeschaden
(1 - 5 Tage Zeitintervall)

Tabelle 11 : Zahl der Amputationen und ihre Ursachen

Lokalisation	Iliaca ext.	Femoralis	Poplitea	Brachialis	Fibularis Tibialis
Arterie	1	5	1	1	1
Arterie mit Vene	1	-	-	1	-
Vene	-	1	-	-	-

Tabelle 12 : Amputationsrate in Abhängigkeit von der Lokalisation der Arterienverletzungen

Wie aus Tabelle 13 hervorgeht, führten ein protrahierter Blutungsschock und schwere Begleitverletzungen bzw. ein vorbestehender schlechter Allgemeinzustand bei 10 unserer Gefäßverletzten (7,4 % von 138 Gefäßverletzungen) den Tod herbei. GOLDMANN und Mitarbeiter (1965) ermittelten bei 55 peripheren Arterienverletzungen eine Todesrate von 7,3 % / 14 /.

Ursache	Schock	Lungenembolie	Gerinnungsstörung	Ateminsuffizienz
Anzahl	4	3	1	2
%	3,5	2,6	0,9	1,7

Tabelle 13 : Todesursachen bei 116 Gefäßverletzten

PROGNOSE

Die Prognose der Gefäßtraumen ist von vielen Faktoren abhängig: Ausmaß und Geschwindigkeit des Blutverlustes, Auswirkungen von eventuellen Begleitverletzungen, Lokalisation der Strombahnunterbrechung und ihre lokalen Folgen (Thrombosen, Neubildungen, Infektionen, Hämatombildung, Nekrosen). Von letztlich entscheidendster Bedeutung ist – besonders bei Verletzungen von Extremitätenarterien – der Zeitfaktor, d. h. das Zeitintervall zwischen Unfallereignis und definitiver Versorgung. Da die ischämische Toleranzzeit der Gliedmaßen in Abhängigkeit von der Gewebetemperatur (Cave: Unterkühlung, Überwärmung) mit 4 – 6 Stunden angegeben wird [44], steigt die Amputationsrate mit Zunahme der Latenzzeit spürbar an. Nach den Erfahrungen des Koreakrieges war bei Behandlung in den ersten 10 Stunden in nur 10 %, in der Zeit zwischen 10. und 20. Stunde schon in 28 % der Fälle eine Amputation nötig [47]. Die im Vergleich zum 2. Weltkrieg trotzdem günstigere Amputationsrate hat ihre Ursache auch in der kürzeren Latenzzeit (9,8 Std; 2. Weltkrieg: 15,2 Std), die sich in erster Linie durch den Einsatz von Hubschraubern reduzieren ließ. Noch deutlicher wird der Zusammenhang dieser Faktoren in einer Untersuchung aus dem Vietnamkrieg (Latenzzeit 70 Minuten, Amputationsrate 5 %) [27] und in den Erfahrungen, die unter friedensmäßigen Bedingungen gemacht wurden; VOLLMAR (1975) gibt in diesem Zusammenhang eine Amputations-

rate von 4,1 % an.

Von den 116 bei uns versorgten Patienten kamen immerhin mehr als 23 % (!) erst einen Tag und noch später nach dem Unfallereignis in unsere Behandlung. Wie aus Tabelle 15 ersichtlich ist war bei diesen Patienten dennoch nur in 6 Fällen eine sekundäre Amputation notwendig geworden. Bei 4 der 6 Patienten, die zwar am Unfalltag operativ versorgt wurden, bei denen aber dennoch sekundär amputiert werden mußte, war die Amputationsindikation durch eine schwere Infektion und in den beiden anderen Fällen durch einen inoperablen Reverschluß bei Ischämieschaden gegeben.

Zahl der Tage seit Unfall	0	1	2	3	4	5	> 49
Zahl der Amputationen	0	2	0	1	1	1	1

Tabelle 15 : Amputationsrate in Abhängigkeit vom Zeitintervall Unfallereignis - Versorgung

Schließlich wird in diesem Zusammenhang noch einmal auf die Gefahr des sog. Roumiquet-Schocks hingewiesen (7). Er kann entstehen, wenn an einer Extremität Arterie und Vene zugleich länger als 8 - 10 Stunden blockiert sind. Dann tritt unter Ausbildung von lokalen Gewebnekrosen ein irreversibler Plasmaverlust im Kapillarbereich auf. Wird nach der Rekonstruktion der Vene, die vor der Wiederherstellung der Arterie erfolgen muß, der Blutstrom freigegeben, so werden saure Stoffwechselprodukte,

Myoglobinmetaboliten und Kaliumionen in den Kreislauf eingeschwemmt. Da somit bei einer - bei großen Arterienverletzungen häufigen - Nierenfunktionsstörung (Schockniere) der hyperkalämische Herztod droht, kann in solchen Fällen - trotz wiederhergestellter Strombahndurchgängigkeit - die primäre Amputation der betroffenen Extremität eine lebensrettende Maßnahme sein.

ZUSAMMENFASSUNG UND PROSPEKTIVE

Bei Verletzungen der Blutgefäße, insbesondere der Arterien, stehen dem Chirurgen heute gute diagnostische und therapeutische Mittel und Methoden zur Verfügung.

Während die offenen Verletzungen hinsichtlich der Diagnostik im allgemeinen keine besonderen Schwierigkeiten bereiten, bleibt es dem Geschick und der Erfahrung des Arztes überlassen, geschlossene Gefäßtraumen, vor allem solche der großen Körperhöhlen, frühzeitig zu diagnostizieren, was jedoch fast immer durch die - anfangs - unspezifische, oft kaum erkennbare Symptomatik erschwert wird. Deshalb ist gerade in diesen Fällen die Angiographie die aussagekräftigste objektivierende diagnostische Untersuchung, wobei die Notwendigkeit der Serienarteriographie hier nochmals hervorgehoben werden soll.

Von den diskutierten Behandlungsmethoden haben sich in der Gefäßchirurgie bisher das direkte Nahtverfahren und die Verwendung autologer Venentransplantate am besten bewährt. Dabei sollte auch der Rekonstruktion verletzter Venen, besonders im Bereich der unteren Extremität, mehr als bisher Aufmerksamkeit geschenkt werden. Bei unseren Patienten wurden rund 75 % der Arterien- und knapp zwei Drittel der Venenverletzungen mittels direktem Nahtverfahren (ohne Bypass und Fixierung der Intima nach Thrombektomie) bzw. Venentransplantaten versorgt, 19,8 % der Arterien und 37,5 % der Venen mußten ligiert

werden (nachfolgend in Klammern die Angaben für die ligierten Gefäße). Die Komplikationsrate betrug dabei für die beiden erstgenannten Verfahren 16,6 % (Ligatur: 21,2 %), die Amputationsrate 8,6 % (3,0 %) und die Todesrate 3,0 % (12,4 %). Positive Ergebnisse wurden in 83,3 % (78,8 %) der Fälle erreicht, in 3,2 % (6,0 %) gelang dies leider nicht.

Während die Verhütung der häufigsten Ursachen von Gefäßverletzungen (Verkehrs- und Arbeitsunfälle, bei uns 32,7 % bzw. 20,7 %) dem Arzt wohl schwerlich zugänglich sein dürfte, lassen sich die diagnostisch bedingten Gefäßtraumen (bei uns 19,9 %) bei klarer Indikation und geeigneter Technik in den meisten Fällen vermeiden und bei rechtzeitiger Erkennung und Behebung Dauerschäden vermeiden.

An erster Stelle aller prognostischer Kriterien muß jedoch die Forderung nach der weiteren Verminderung des Zeitintervalls zwischen Unfallereignis und chirurgischer Versorgung stehen. Der Erfolg einer gefäßchirurgischen Behandlung hängt letzten Endes von der Zeit ab. Deshalb sollten die Anstrengungen für eine weitere Verbesserung des Rettungswesens, insbesondere für einen vermehrten Hubschraubereinsatz, verstärkt werden.

Um all diesen Forderungen aber genügen zu können und Gefäßverletzten entsprechende Hilfe zuteil werden zu lassen, muß darauf bestanden werden, jedes Krankenhaus mit einem gefäßchirurgischen Notfallbesteck auszurüsten. Schließlich sollten, trotz der Notwendigkeit kardiovaskulärer

Spezialisierung und der Hoffnungen in das neue Gebiet der Mikrochirurgie, angehende Chirurgen von heute intensiver in der Gefäß- und Unfallchirurgie geschult werden, wenn sie gute Chirurgen von morgen sein sollen, im Dienst des medizinischen Fortschritts und zum Wohl ihrer Patienten.

LITERATURVERZEICHNIS

- | | | |
|-------|--|--|
| / 1 / | BARNER, H. B. | The Use of Heparin in Arterial Reconstructions.
Surgery, Gynecology a. Obstetrics,
June 1974, Volume 138. |
| / 2 / | BASSETT, F. H.
SILVER, D. | Arterial injury associated with fractures.
Arch. Surg. 92 (1966) 13. |
| / 3 / | BAUMGARTL, F. | Verletzungen des Herzens und der großen Gefäße.
Thoraxchirurgie 12 (1964) 121. |
| / 4 / | BEALL jr., A. C. | Penetrating Wounds of the Aorta.
Amer. J. Surg. 99 (1960) 770. |
| / 5 / | BEALL jr., A. C.
ROOF, W. R.
DE BAKEY, M. E. | Successful Surgical Management of Through-and-through Stab Wound of the Aortic Arch.
Ann. Surg. 156 (1962) 832. |
| / 6 / | BERGQVIST, D.
DAHLGREN, S. | Über die Häufigkeit von Beinvenenverletzungen bei transzervikalen und pertrochanteren Femurfrakturen. Eine Untersuchung mit J ¹³⁵ -Fibrinogen.
Vasa 2. Zit. nach / 44 /. |

- | | | |
|--------|---|---|
| / 7 / | BOETTCHER, J.
LÖHR, E.
LÖHNERT, J. | Diagnostik und Therapie bei der
Sofortversorgung offener und gedeck-
ter Arterienverletzungen.

Bruns' Beitr. klin. Chir. 219 (1972) 4. |
| / 8 / | BRADFORD jr., B.
JOHNSTON, F. L. | Traumatic Rupture of the Aorta.
Report of case in which patient
survived for 81 days.

Surgery 28 (1950) 893. |
| / 9 / | CAMMACK, K.
RAPPORT, R. L.
PAUL, J.
BAIRD, W. C. | Deceleration Injuries of the Thoracic
Aorta.

Arch. Surg. 79 (1959). |
| / 10 / | CARSTENSEN, G.
HEINRICHS, L. | Traumatische Aortenrupturen.

Langenbecks Arch. klin. Chir.
309 (1965) 415. |
| / 11 / | DE BAKEY, M. E.
SIMEONE, F. A. | Acute Battled-Incurred Arterial
Injuries.

In: D. C. Elkin and M. E. De
Bakey, Vascular Surgery in World-War II.
1955. Zit. nach / 19 /. |
| / 12 / | FERGUSON sr., I. A.
BIRD, W. M.
Mc AFEE, D. K. | Experiences in the Management of
Arterial Injuries.

Ann. Surg. 153 (1960) 980. |

- | | | |
|--------|--|--|
| / 13 / | GOERTTLER, U.
SCHLOSSER, V.
BLÜMEL, J. | Der Beitrag der Angiographie zur
Diagnostik und Therapie peripherer
Arterienverletzungen.

Bruns' Beitr. klin. Chir. 219 (1971) 2. |
| / 14 / | GOLDMANN, B. S.
FROR, W. B.
KEY, J. A. | The Recognition and Management of
Peripheral Arterial Injuries.

Canad. med. Ass. J. 92 (1965) 1154. |
| / 15 / | HARDY, E. G.
TIBBS, D. J. | Acute ischaemia in limb injuries.

Brit. med. J. 1960 I, 1001. |
| / 16 / | HARDY, J. D. | Surgery of the Aorta and its Branches.

VII. Traumatic Injuries. Amer.
Practit. 11 (1960) 621. Zit. n. / 19 /. |
| / 17 / | HEBERER, G. | Fortschritte und Probleme der Wieder-
herstellungschirurgie großer Arterien.

Langenbecks Arch. klin. Chir. 287
(1957) 276. |
| / 18 / | HEBERER, G. | Verletzungen der Gliedmaßenschlagadern.

Langenbecks Arch. klin. Chir. 332 (1972)
(Kongreßber. 1972). |
| / 19 / | HEBERER, G.
RAUH, G.
LÖHR, H. H. | Aorta und große Arterien.

Berlin-Heidelberg-New York, 1966. |

- | | | |
|--------|----------------------------------|---|
| / 20 / | HERSHEY, F. B.
SPENCER, A. D. | Autogenous vein grafts for repair of
arterial injuries.

Arch. Surg. 86 (1963) 1. |
| / 21 / | HJELMSTEDT, A.
BERGVALL, U. | Incidence of thrombosis in patients
with tibial fractures.

Acta chir. Scand. 134 (1968) 1. |
| / 22 / | HOFFHEINZ, H. J.
RODEWALD, G. | Rekonstruktion verletzter peripherer
Arterien.

Langenbecks Arch. klin. Chir. 308
(1964) 988. |
| / 23 / | HUGHES, C. W. | Arterial Repair During the Korean War.

Ann. Surg., Vol. 147, 1958, 555. |
| / 24 / | HUGHES, C. W.
COHEN, A. | The Repair of Injured Blood-Vessels.

Surg. Clin. N. Amer. 38 (1958) 1529.
Zit. n. / 19 /. |
| / 25 / | HUGHES, C. W. | Acute Vascular Trauma in Korean-War
Casualties: an analysis of 180 cases.

Surg., Gynec. and Obstet. 99 (1954) 91. |
| / 26 / | INAHARA, T. | Arterial Injuries of the Upper Extremity.

Surgery 51 (1962) 605. |
| / 27 / | JACOB, J. E. | Vascular Injuries in Vietnam.

Int. Surgery 57 (1972) 289. |

- / 28 / JAHNKE jr., E. J. Acute Vascular Injuries In Korean War.
SEELEY, S. F. Ann. Surg. 138 (1953) 158.
- / 29 / KIRKUP, J. R. Major Arterial Injury Complicating
Fracture of the Femoral Shaft.
J. Bone Jt Surg. B 45, 337 (1963).
- / 30 / LINDER, F. Der augenblickliche Stand der Behand-
VOLLMAR, J. lung von Schlagaderverletzungen und
ihre Folgezustände.
Chirurg 36 (1965) 55.
- / 31 / LOOSE, K. E. Angiographie - Methoden, Indikation,
Ergebnisse.
Stuttgart 1967.
- / 32 / LOOSE, K. E. Angiographie und ihre Leistungen.
Technik - Ergebnisse - Fortschritte.
Stuttgart 1968.
- / 33 / MORRIS jr., G. C. Surgical experience with 220 acute
BEALL, A. C. arterial injuries in civilian practice.
ROOF, W. R. Amer. J. Surg. 99 (1960) 775.
DE BAKEY, M. E.
- / 34 / OLIVIER, C. Rupture de l'artère axillaire au cours
FONTAINE, J. L. de Luxation de l'épaule.
DI MARIA, G. J. Chir. 101 (1971) 5.

- / 42 / ULMER, D. Einige Schäden, Störungen und
Komplikationen bei peripheren per-
kutanen Angiographien.
Med. Welt 20 (1969) 2217.
- / 43 / VOGT, B. Allgemeine Gesichtspunkte bei der
Behandlung von Arterienverletzungen.
Praxis 52 (1963) 364.
- / 44 / VOLLMAR, J. Rekonstruktive Chirurgie der Arterien.
Stuttgart 1975.
- / 45 / WERTHEIMER, P. La chirurgie conservative dans les
SAUTOT, J. traumatismes artériels de la pratique
DESCOTES, J. civile.
POULAT Lyon. chir. 57 (1961) 161. Zit. n. / 19 /.
- / 46 / ZEHNDER, M. A. Unfallmechanismus und Unfallmechanik
der Aortenruptur im geschlossenen Thorax-
trauma.
Thoraxchirurgie 8 (1960) 47.
- / 47 / ZIPERMANN, H. H. Acute Arterial Injuries in the Korean War.
Ann. Surg. 139 (1954) 1.

Lebenslauf

Am 21. September 1948 wurde ich als erstes Kind des Postamtsrats Alfred Betz und seiner Ehefrau Elfriede, geb. Greubel, in Nürnberg geboren. Nach dem vierjährigen Besuch der Volksschule trat ich 1958 in das Richard-Willstätter-Gymnasium in Nürnberg ein, an dem ich 1969 mein Abitur ablegte.

Das Studium der Medizin begann ich im Sommersemester 1970 an der Philipps-Universität in Marburg/Lahn. Nach der ärztlichen Vorprüfung studierte ich im Wintersemester 1972/73 an der Julius-Maximilians-Universität in Würzburg. Vom Sommersemester 1973 bis zum Wintersemester 1975/76 war ich an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg immatrikuliert, wo ich im Januar 1976 das Staatsexamen ablegte.

Nürnberg, im Februar 1976

Harald Betz

DPV-Druck
8500 Nürnberg, Fenitzerstr. 43